

2005年12月22日、我が国の3次元フォトニック結晶(3DPC)生成実験装置が国際宇宙ステーションへ向けて送られた。3DPCとは複数の誘電体を光の波長程度の周期で交互に積層した構造物であり、大規模な情報伝達や処理を小型・低エネルギーで実現できる次世代の光デバイス材料として期待されている。地上では重力の影響で規則的に配列された大型の結晶を作ることができないため、宇宙船の中のような微小重力環境での結晶生成が必要である。今回の実験は約3ヶ月間の期間で行われ、結晶生成過程の観察や結晶生成に重力が与える影響の評価などを目的としている。2006年中に2回目の実験装置打上げも予定されており、実用的なサイズの3DPCを宇宙で作製できるかどうかの見当をつける。

トピックス 3 国際宇宙ステーションでフォトニック結晶生成実験を開始

2005年12月22日、ロシアのプログレス補給船が打ち上げられ、我が国の3次元フォトニック結晶(3DPC)生成実験装置が国際宇宙ステーションへ向けて送られた。ロシアのサービスモジュール「ズヴェズダ」で約3ヶ月間にわたって結晶の生成実験が行われる予定である。

半導体結晶が電子の流れを制御できるように、フォトニック結晶は光の伝播特性を制御することが可能な材料である。例えば、光の結晶内伝播速度を遅くしたり、閉じ込めて貯蔵したり、特定の波長だけを反射させるというような動作が可能である。このような特性を利用して、フェムト秒高出力パルスレーザ加工装置、記憶装置、光の波形整形、特殊ミラーなど種々の用途が考えられ、より大規模な情報の伝達や処理を、小型かつ低エネルギーで実現できる次世代の光デバイス材料として期待されている。フォトニック結晶の中でも、3DPCは複数の誘電体を光の波長程度の周期で交互に積層した構造物であり、例えば、二酸化ケイ素の微粒子と高屈折率を持つ材料の微粒子を結晶化させたものは、天然オパールの遊色効果と類似の光学特性を持つ。

例えば、ピーク強度数テラワットというフェムト秒レーザ装置は、現行技術で作製するとパルス波形制御部は1.5m×1mの大きさになるが、3DPCを用いると15cm×15cm程度まで小型化できる可能性がある。

3DPCを地上で生成しようとしても、重力の影響で結晶構造にゆがみを生じ、規則的に配列された大型の結晶を作ることができないが、宇宙船の中のような微小重力環境では高品質の大型3DPCを生成することができる。まず、100nmサイズの高屈折率微粒子をコロイド状にして微小重力下で静置すると、微粒子同士の電気的反発力による自己組織化作用によって規則的な配列になり、結晶化

する。結晶が熟成したところで紫外線を照射して分散液をゲル化し、結晶を回収する。最後にこの結晶を圧縮して、結晶の格子間距離を調節し、様々な波長に対応する素子を作る。すなわちゲルの弾性を利用して格子間隔を調節するという点が、この作製方法の特徴である。

国際宇宙ステーションでの結晶生成実験では、3DPCを実用的なサイズ(例えば20cm立方)で作製できるかどうかの見当をつける。実験は2回に分けて行われ、第1回目は、結晶生成過程の観察や結晶生成に重力が与える影響の評価などを目的としている。2回目の実験装置は2006年中に打上げを予定している。

本研究は、原料の微粒子作製を富士化学(株)、コロイド結晶生成条件を富山大学・名古屋市立大学・名古屋工業大学、結晶の機能・構造評価を(独)物質・材料研究機構、製品化検討を浜松ホトニクス(株)、実験装置製作を(株)IHIエアロスペース、宇宙実験の実施を(独)宇宙航空研究開発機構がそれぞれ分担する形で行われている。地上では作製が困難な材料を、国際宇宙ステーションにおいて定常的に製造することを目指す試みである。

3次元フォトニック結晶(3DPC)

